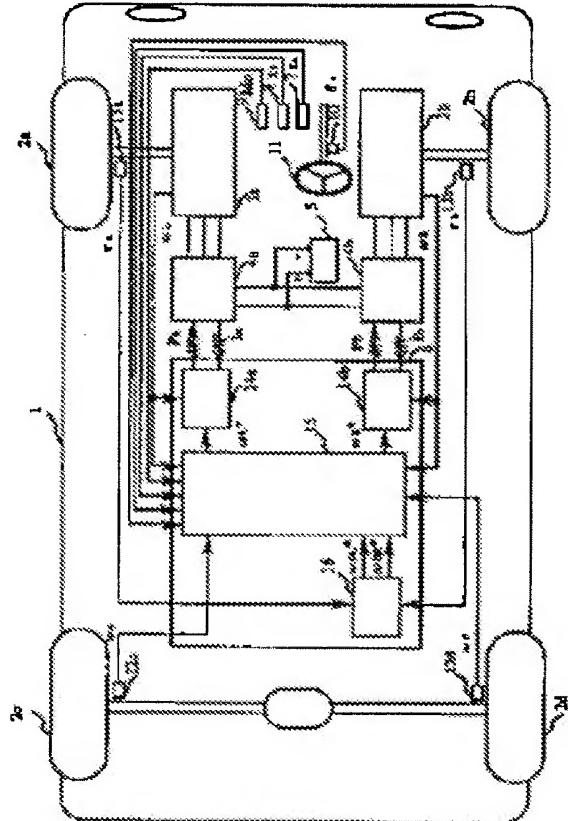


CONTROLLER FOR ELECTRIC AUTOMOBILE**Publication number:** JP5176418**Publication date:** 1993-07-13**Inventor:** MASAKI RYOZO; TAKAMOTO YUSUKE; OBARA SANSHIRO; YAMAMURA HIROHISA; YAMADA HIROYUKI**Applicant:** HITACHI LTD; HITACHI AUTOMOTIVE ENG**Classification:****- international:** B60L9/18; B60L11/18; B60L15/20; H02P5/00; H02P5/74; B60L9/00; B60L11/18; B60L15/20; H02P5/00; H02P5/74; (IPC1-7): B60L9/18; B60L15/20; H02P7/67; H02P7/74**- European:** B60L11/18C; B60L15/20D**Application number:** JP19910059957 19910325**Priority number(s):** JP19910059957 19910325**Also published as:** US5345155 (A)**Report a data error** [here](#)**Abstract of JP5176418**

PURPOSE: To realize stabilized traveling in the intended direction of driver, regardless of different pavement resistance, coefficient or pneumatic pressure between right and left tires, by controlling torque and speed.

CONSTITUTION: In an electric automobile 1 wherein motors 3a, 3b for independently driving left and right tires 2a, 2b are subjected to speed control through speed control operating sections 14a, 14b in a controller 6, motor speed commands are produced from a vehicle control operating section 15 which receives signals from an accelerator 7, a brake 8, a steering wheel 10, and the like. In such system, output torque signals from torque detectors 13a, 13b are fed to a speed difference command operating section 16. Speed difference between the left and right drive motors 3a, 3b is then operated based on the difference between the output torque signals and a speed difference command is delivered to the vehicle control operating section 15. Consequently, control is made such that the differential torque has a predetermined value. According to the constitution, differential torque can be controlled to zero in similar manner as a differential unit while furthermore it can be varied depending on the pavement conditions.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-176418

(43)公開日 平成5年(1993)7月13日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
B 60 L 15/20	J 8835-5H			
9/18	P 8835-5H			
H 02 P 7/67	A 9063-5H			
7/74	G 9063-5H			

審査請求 未請求 請求項の数11(全 18 頁)

(21)出願番号	特願平3-59957	(71)出願人 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成3年(1991)3月25日	(71)出願人 000232988 日立オートモティブエンジニアリング株式会社 茨城県勝田市大字高場字鹿島谷津2477番地3
		(72)発明者 正木 良三 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
		(74)代理人 弁理士 小川 勝男
		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電気自動車制御装置

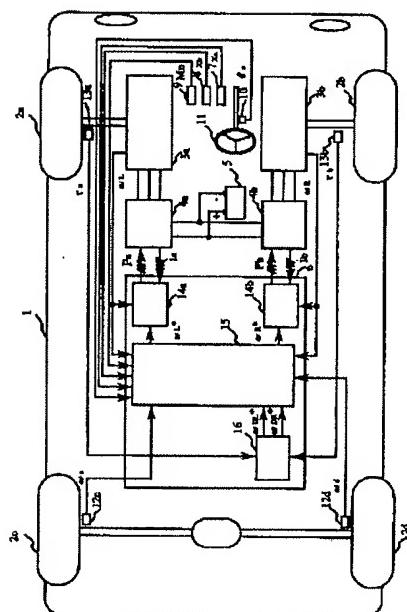
(57)【要約】

【目的】トルク及び速度を制御して、左右のタイヤの路面抵抗係数や空気圧が異なる場合にも運転者の意図する方向に安定して走行できる電気自動車を提供する。

【構成】左右のタイヤ2a, 2bをそれぞれ独立に駆動するモータ3a, 3bを制御装置6の速度制御演算部14a, 14bにより速度制御する電気自動車1において、それらのモータ速度指令はアクセル7、ブレーキ8、ハンドル10などの信号を車両制御演算部15に入力して得ている。このシステムにおいて、トルク検出器13a, 13bからの出力トルク信号を速度差指令演算部16に入力している。ここで、その出力トルクの差に基づき、左右の速度差を演算する制御を行い、速度差指令を車両制御演算部15に入力する。これにより、トルク差が所定の値となるように制御が行われる。

【効果】差動装置と同様に左右のトルク差を0とする制御だけでなく、トルク差を路面状態などに応じて可変することができる。

図1



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】自動車の左右のタイヤをそれぞれ独立に駆動する少なくとも1組以上のモータ群と、前記モータにそれぞれ電圧を供給する電力変換手段と、前記自動車を運転する運転者の指示及び前記自動車の運動状態を検知する検知手段と、前記モータ群が output する左右のトルクとが一致するように制御するための速度差指令と前記検知手段の信号により演算される車速指令とから前記モータ群の左モータ及び右モータの前記モータ速度指令を算出する速度指令演算手段と、前記モータの速度が前記モータ速度指令になるようにそれぞれの前記モータの速度をフィードバックして前記電力変換手段から供給する電圧を演算し、制御する速度制御手段とを備えたことを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項2】請求項1記載において、上記モータ速度指令を低減することにより、上記左出力トルクと上記右出力トルクとを一致させる様に制御することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項3】請求項1記載において、上記速度制御手段はそれぞれ上記モータ速度指令と上記検知手段から得られるモータ速度との差によりモータトルク指令を演算し、該モータトルク指令から上記出力電圧指令を算出するものであって、上記モータ群の左モータと右モータに対応するそれぞれの前記モータトルク指令が一致するようく制御することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項4】請求項1記載において、上記モータがそれぞれ交流モータであり、かつ、上記速度制御手段はそれぞれ上記モータ速度指令と上記検知手段から与えられるモータ速度との差により得られるトルク電流指令と、前記モータ速度から得られる磁束電流指令を演算して、前記トルク電流指令と前記磁束電流指令とのベクトル和から上記出力電圧指令を算出するものであって、上記モータ群の左モータと右モータに対応するそれぞれの前記トルク電流指令が一致するようく制御することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項5】自動車の左右のタイヤをそれぞれ独立に駆動する少なくとも1組以上のモータ群と、前記モータにそれぞれ電圧を供給する電力変換手段と、前記自動車を運転する運転者の指示及び前記自動車の運動状態を検知する検知手段と、前記自動車の車速と前記自動車のハンドルの操舵角から与えられるトルク差指令を算出するトルク差演算手段と、前記モータ群が output する左右のトルクとの差が前記トルク差指令に一致するようく制御するための速度差指令と前記検知手段の信号により演算される車速指令とから前記モータ群の左モータ及び右モータの前記モータ速度指令を算出する速度指令演算手段と、前記モータの速度が前記モータ速度指令になるようにそれぞれ前記モータの速度をフィードバックして前記電力変換手段から供給する電圧を演算し、制御する速度制御手段とを備えたことを特徴とする電気自動車制御装置。

2

【請求項6】請求項5記載において、上記モータ群の左モータのモータ速度と右モータのモータ速度との差により上記トルク差指令を算出することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項7】請求項5記載において、上記操舵角と直進するときの操舵角の差が増加するに従って上記トルク差指令を増加させるトルク差演算手段を備えていることを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項8】自動車の左右のタイヤをそれぞれ独立に駆動する少なくとも1組以上のモータ群と、前記モータにそれぞれ電圧を供給する電力変換手段と、前記自動車を運転する運転者の指示及び前記自動車の運動状態を検知する検知手段と、該検知手段の信号により算出した前記モータのそれぞれのモータトルク指令になるようにトルク制御演算を行い、出力電圧指令をそれぞれの前記電力変換手段に出力する制御手段とを備えた電気自動車制御装置において、前記モータ群の左モータのモータ速度と右モータのモータ速度との速度差が所定の速度差制限値を超えたとき、前記モータトルク指令を低減することにより、前記速度差が前記速度差制限値内となるように制御することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項9】請求項8記載において、上記モータ群の中で上記モータ速度が大きいモータの上記モータトルク指令を低減することにより、上記速度差が上記速度差制限値内となるように制御することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項10】請求項8記載において、上記モータがそれぞれ交流モータであり、かつ、上記トルク制御手段はそれぞれ上記モータトルク指令から得られるトルク電流指令と、前記モータのモータ速度から得られる磁束電流指令を演算して、前記トルク電流指令と前記磁束電流指令とのベクトル和から上記出力電圧指令を算出するものであって、前記トルク電流指令を低減することにより、上記速度差が上記速度差制限値内となるように制御することを特徴とする電気自動車制御装置。

【請求項11】請求項8記載において、上記自動車の車速が増加するに従って上記速度差制限値を低下させることを特徴とする電気自動車制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は左右のタイヤをそれぞれモータで独立にトルク制御する電気自動車制御装置で、特に、車両運動性能に優れた電気自動車制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、電気自動車制御装置としては、特開昭62-89403号公報、特開昭63-133804号公報、特開平1-298903号公報等に記載のように、左右のタイヤを複数のモータでそれぞれ独立に駆動する駆動方法が知られている。これらの電気自動車において、主に、2つの

モータ制御方法がある。特開昭63-133804号公報の方法はアクセル量、ブレーキ量、ハンドルの操舵角などにより、左右のモータに対するそれぞれのモータ速度指令を算出し、そのモータ速度制御演算を行うものである。この方法は、路面抵抗係数が一定の場合、操舵角に対して理想的なモータ速度を与えられるので、無理なく旋回できる特徴を備えている。

【0003】また、特開昭62-89403号公報で示されている方法はトルク差により左右のモータを駆動するインバータ周波数を変化させるようにしたもので、機械式の差動装置と同様のシステムを電気的に達成しようとするものである。また、特開平1-298903号公報に開示された方法はアクセル量、ブレーキ量、ハンドルの操舵角などにより、左右のモータに対するそれぞれのモータトルク指令を算出し、そのモータトルク指令となるようにトルク制御演算を行うものである。後者の2つの公知例は基本的に速度制御ループを持たない方法である。この方法は左右のタイヤを1つのモータ、あるいは、エンジンで駆動する場合に用いる差動装置と同様の働きを容易に実現することができるので、左右のタイヤの路面抵抗係数が異なる場合などでも運転者が希望する方向に進行することができる特徴を備えている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来技術はそれぞれ下記の点で問題があった。まず、速度制御演算による方法は、左右のタイヤの路面抵抗係数や空気圧が異なる場合には、操舵角が0でも直進できないことがある。また、第2の方法はトルクをインバータ周波数だけで制御するものであるため、定常状態ではトルク制御を行うことはできるものの、過渡状態まではトルク制御を行うことができず、過渡現象による左右のトルク差で、直進時の車両の直進性、および、カーブ時の車両運動性能が低下するという問題点があった。さらに、第3の方法では、トルク制御による方法は泥道や雪道などのように、一方の路面抵抗係数だけが極端に低い場合、そのモータだけが高速回転になる可能性がある。そのような高速回転になっている状況で、その路面抵抗係数が急に高くなったとき、急旋回することもある。

【0005】そこで、本発明の目的は、左右のタイヤをそれぞれのモータにより独立に制御する電気自動車において、左右のタイヤの駆動トルクを過渡時を含めて常に一定にして直進性、および、車両運動性能を向上させた電気自動車制御装置を提供することにある。本発明の他の目的は左右のタイヤをそれぞれのモータにより独立に制御する電気自動車において、運転者の希望する方向に高速に車両を制御することのできる電気自動車制御装置を提供することにある。本発明の左、右のタイヤをモータにより独立にトルク制御する電気自動車において、泥道や雪道などのように、一方の路面抵抗係数だけが極端に低い場合にも、モータが高速回転になることを防止す

る電気自動車制御装置を提供することも目的にしている。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的は、自動車の左右のタイヤをそれぞれ独立に駆動する左モータと右モータから構成される1組、あるいは、複数のモータ群と、それらのモータにそれぞれ電圧を供給する電力変換手段と、自動車を運転する運転者の指示及び自動車の運動状態を検知する検知手段と、その検知手段の信号により演算される車速指令、および、左モータが出力する左出力トルクと右モータが出力する右出力トルクとが一致するように制御するための速度差指令から左モータ及び右モータのそれぞれのモータ速度指令を算出する速度指令演算手段と、それらのモータ速度がそれぞれのモータ速度指令になるようにモータ速度をそれぞれフィードバックして速度制御する速度制御手段とを備え、速度制御手段において、速度制御演算によりそれぞれのモータに印加する電圧を演算し、その結果に基づき、電力変換手段を制御することにより、達成される。

【0007】また、上記第2の目的を達成するために、自動車の左右のタイヤをそれぞれ独立に駆動する左モータと右モータからなる1組、あるいは、複数のモータ群と、それらのモータにそれぞれ電圧を供給する電力変換手段と、自動車を運転する運転者の指示及び自動車の運動状態を検知する検知手段と、自動車の車速とハンドルの操舵角から与えられるトルク差指令を算出するトルク差演算手段と、左モータが出力する左出力トルクと右モータが出力する右出力トルクとの差が算出したトルク差指令に一致するように制御するための速度差指令と検知手段の信号により演算される車速指令とから左モータ及び右モータのそれぞれのモータ速度指令を算出する速度指令演算手段と、それらのモータ速度がそれぞれのモータ速度指令になるようにモータ速度をそれぞれフィードバックして速度制御する速度制御手段とを備え、速度制御手段において、速度制御演算によりそれぞれのモータに印加する電圧を演算し、その結果に基づき、電力変換手段を制御することによりしたるものである。

【0008】さらに、上記第3の目的は、自動車の左右のタイヤをそれぞれ独立に駆動する左モータと右モータから構成される1組、あるいは、複数のモータ群と、それらのモータにそれぞれ電圧を供給する電力変換手段と、自動車を運転する運転者の指示及び自動車の運動状態を検知する検知手段と、その検知手段の信号により算出したモータトルク指令となるようにトルク制御演算を行い、出力電圧指令をそれぞれの電力変換手段に出力する制御手段を備えた電気自動車制御装置において、左右のモータ速度の差が所定の速度差制限値を超えたとき、モータトルク指令を低減するように制御する手段を備えることにより、達成される。

【0009】

【作用】速度指令演算手段は運転者が操作するアクセルペダルおよびブレーキペダルの踏み込み量、つまり、アクセル量、ブレーキ量、ハンドルの操舵角などを入力し、車速指令をアクセル量、ブレーキ量から演算する。また、左右のモータの基準速度指令はハンドルの操舵角に応じて車速指令をそれぞれ補正することにより算出している。また、左右のモータが outputする出力トルクの差から速度差指令を算出する。左右のモータの速度指令は基準速度指令と速度差指令から算出される。速度制御手段では、これらの速度指令に対して、単にインバータ周波数だけを制御するのではなく、それぞれのモータ速度をフィードバックして、速度指令とモータ速度の差からトルク指令を演算し、これにより速度制御を行っている。速度制御では、トルク指令に基づくトルク電流指令と、モータ速度に基づく磁束電流指令を演算し、ベクトル演算により電流指令を得ている。さらに、電流指令を基にそれぞれの電流を制御する電流制御として、電圧指令を与えている。この電圧指令となるように、制御手段から制御パルスをそれぞれ電圧変換手段に出力している。それぞれの電力変換手段では、制御パルスにより、モータに供給する出力電圧を発生している。これにより、それぞれのモータから出力トルクが発生し、左右のタイヤを駆動する。

【0010】ここで、路面抵抗係数が左右のタイヤに対して異なるときの作用について述べる。例えば、直進時に左のタイヤの路面抵抗係数が右のタイヤのそれよりも大きい場合には、左モータの出力トルクが右モータの出力トルクよりも大きくなる。制御手段において、この出力トルクの差を検知し、その差が減少するように、左モータの速度指令を低減する。速度制御では、モータ速度をフィードバックしているので、過渡時を含めて高速でトルクを制御が行われる。

【0011】また、第2の目的を達成するためには、次のように動作する。まず、トルク差演算手段において、自動車の車速とハンドルの操舵角を入力し、旋回時に自動車を旋回させるのに最適なトルク差指令を演算する。速度指令演算手段では、左右のモータの出力トルク差を算出した後、トルク差演算手段で得られたトルク差指令と出力トルク差との差に基づき、速度差指令を算出する。左右のモータの速度指令は基準速度指令と速度差指令から算出される。速度制御手段では、これらの速度指令に対して、それぞれのモータ速度をフィードバックして、速度指令とモータ速度の差からトルク指令を演算し、これにより速度制御を行っている。このような動作により、高速に左右のモータのトルク差をトルク差指令に一致させる。

【0012】さらに、第3の目的を達成させるためには、次のように作用する。制御手段において、運転者が操作するアクセルペダルおよびブレーキペダルの踏み込み量、つまり、アクセル量、ブレーキ量、ハンドルの操

舵角などを入力し、車両のトルク指令をアクセル量、ブレーキ量から演算する。また、左右のモータのトルク指令はハンドルの操舵角に応じて車両のトルク指令をそれぞれ補正することにより算出することもできる。また、左右のモータが outputする出力トルクの差から速度差指令を算出する。これらのトルク指令に対して、それぞれのモータがそのトルクを発生するようにトルク制御演算を行っている。このトルク制御演算の結果、電流指令を算出し、これに基づきモータを駆動している。次に、駆動している片側のタイヤだけがぬかるみ、雪道などでスリップした場合、そのタイヤはモータにより加速され、高速に回転し始める。制御手段では、左右のモータ速度の差を比較しており、その差があらかじめ、設定した速度差制限値を超えた場合、左右の路面抵抗係数が大きく異なるとして、そのモータトルク指令を低減する。これにより、モータの出力トルクは減少し、そのモータ速度は抑制されるので、左右のモータ速度の差は速度差制限値内になる。

【0013】

【実施例】以下、本発明の一実施例を図1により説明する。図1が電気自動車の前輪をそれぞれ独立に誘導モータで駆動したときの実施例である。電気自動車1における左前輪2aと右前輪2bはそれぞれ誘導モータ3a、3bに接続されており、インバータ4a、4bにより独立に駆動される。これらのインバータはPWMパルスPa、Pb(U、V、W相の各PWMパルスPa、PbはそれぞれPau、Pav、Paw、Pbu、Pbv、Pbwとする)により制御され、バッテリー5を電源としてモータに供給する電力を変換している。PWMパルスPa、Pbを発生する制御装置6は運転者の操作出力であるアクセルペダル7とブレーキペダル8からそれぞれ得られるアクセル踏み込み量xi、ブレーキ踏み込み量xiを入力している。制御装置6へのその他の入力信号としては、前進、後進、駐車を運転者が指示する運転モードレバー9のモード信号M0、舵角センサ10により検出されるハンドル11の操舵角θs、検出するエンコーダ12c、12dによりそれぞれ検出される左後輪2c、右後輪2dの回転速度信号ωc、ωd、誘導モータ3a、3bの速度ω1、ω2、トルク検出器13a、13bによりそれぞれ検出される誘導モータ3a、3bの出力トルクτ1、τ2、電流制御を行うためにフィードバックするモータ電流i1、i2(U、V、W相の各モータ電流i1、i2はそれぞれi1u、i1v、i1w、i2u、i2v、i2wとする)がある。制御装置6は誘導モータ3a、3bの速度制御をそれぞれ行うための速度制御演算部14a、14b、アクセル踏み込み量xi、ブレーキ踏み込み量xi、操舵角θsなどから車両制御演算を行い、その速度制御演算部に速度指令ω1*、ω2*を出力するための車両制御演算部15、本発明の特徴である誘導モータ3a、3bの出力トルクτ1*、τ2*を一致させるための速

度差指令演算部16から構成されている。

【0014】ここで、制御装置6に動作について、図2を用いて説明する。まず、車両を動作させる車両制御演算部15は、主に、自動車1の車速指令 ω_s を算出するための車速演算部17と、旋回時における左右のモータ速度差、つまり、旋回速度差指令 ω_{ss} を算出するための旋回速度演算部18からなる。車速演算部17では、アクセル踏み込み量 x_a 、ブレーキ踏み込み量 x_b 、モード信号 M_d により、車速指令 ω_s を演算している。車速指令 ω_s はアクセル踏み込み量 x_a が大きいほどその増加率を大きくなるように演算している。なお、その増加率はモータ速度 ω_L 、 ω_R の平均値が増加するにつれて減少するものである。また、ブレーキ踏み込み量 x_b により、車速指令 ω_s の減速率を変化させている。モード信号 M_d が前進、後進のときは、車速指令 ω_s はそれぞれ正の値、負の値となるように符号を付ける。ここで、車速が0で、しかも、モード信号 M_d が駐車モードになっている場合には、車速指令 ω_s はアクセル踏み込み量 x_a 、ブレーキ踏み込み量 x_b にかかわらず、常に0とするようにしている。以上の演算により、車速指令 ω_s を算出している。次に、旋回速度演算部18では、ハンドル11の操舵角 θ_s により旋回速度差指令 ω_{ss} を算出している。旋回中の内輪と外輪の速度差は操舵角 θ_s だけでなく、車速によっても変化するので、これを考慮するために非駆動輪である左後輪2c、右後輪2dの回転速度信号 ω_L 、 ω_R を入力し、その平均値を車速とみなして、旋回速度差指令 ω_{ss} を補正している。左に旋回する方向を正とすれば、誘導モータ3aの基本速度指令 ω_{ss} は車速指令 ω_s から旋回速度差指令 ω_{ss} を減算して得ることができる。また、誘導モータ3bの基本速度指令 ω_{ss} は車速指令 ω_s に旋回速度差指令 ω_{ss} を加算して得られる。速度指令 ω_{L*} 、 ω_{R*} はこれらの値からそれぞれ後述する左減速指令 ω_{DL*} 、右減速指令 ω_{DR*} を減じることにより得ている。以上的方法で自動車の運動状態を検知して、誘導モータ3a、3bの速度指令 ω_{L*} 、 ω_{R*} を決定している。

【0015】次に、この速度指令に基づいてモータの速度制御演算を行う速度制御演算部について、14aを用いて説明する。図2に示すように、速度制御演算部14aは速度制御部19、ベクトル演算部20、電流制御部21、PWM制御部22から構成されている。速度制御部19では、速度指令 ω_L* と検出したモータ速度 ω_L を突き合わせて誘導モータ3aのトルク指令 T_{L*} を演算する速度フィードバック制御を行っている。また、ベクトル演算部20では、そのトルク指令 T_{L*} とモータ速度 ω_L から、トルク電流と励磁電流を演算した後、座標変換により誘導モータ3aの3相の電流指令 $i_{1...}$ 、 $i_{2...}$ 、 $i_{3...}$ を出力している。電流制御部21においては、U、V、Wの各相に対応する電流指令 $i_{1...}$ 、 $i_{2...}$ 、 $i_{3...}$ とモータ電流 $i_{1...}$ 、 $i_{2...}$ 、 $i_{3...}$ をそれぞれ用いて電

流フィードバック制御を行い、3相の電圧指令 $v_{1...}$ 、 $v_{2...}$ 、 $v_{3...}$ を得ている。これらの電圧指令に基づき、インバータ4aにPWMパルス $P_{1...}$ 、 $P_{2...}$ 、 $P_{3...}$ を出力する演算を行っているのがPWM制御部22である。速度制御演算部14bについても、速度指令 ω_L* 、モータ速度 ω_L などにより同様の演算を行い、PWMパルス $P_{1...}$ 、 $P_{2...}$ 、 $P_{3...}$ を出力している。

【0016】では、本発明の特徴である速度差指令演算部16について説明する。これはトルク差制御部23、左右減速指令部24からなる。出力トルク τ_a 、 τ_b からその差を演算し、トルク差制御部23に入力している。ここでは、出力トルクの差から比例制御演算、積分制御演算、あるいは、それらを組み合わせた演算を行い、出力トルクを一致させるための速度差指令 ω_{D*} を得ている。また、必要な場合には、微分制御演算を組み合わせて演算してもよい。左右減速指令部24では、速度差指令 ω_{D*} を入力し、左減速指令 ω_{DL*} 、右減速指令 ω_{DR*} を出力するための演算を行っている。図3において、出力トルクを一致させる原理について、左前輪2a、右前輪2bでの路面抵抗係数 μ_L 、 μ_R が異なる例で説明する。図3(a)がタイヤのスリップ率、つまり、モータ速度と車速との差に対する路面抵抗係数のグラフである。一般的に路面抵抗係数が最大となるスリップ率以内で使用されている。ここで、自動車1が直進し、モータ速度 ω_L 、 ω_R が一致しているとき、そのスリップ率が図3(a)のa点とすると、路面抵抗係数 μ_L 、 μ_R は

【0017】

【数1】 $\mu_L > \mu_R$

なので、左前輪2a、右前輪2bで路面を駆動する出力トルク τ_a 、 τ_b は図3(b)に示すように、

【0018】

【数2】 $\tau_a > \tau_b$

となる。したがって、たとえ、モータ速度 ω_L 、 ω_R が一致していても、出力トルク τ_a 、 τ_b が異なるので、右方向に旋回してしまう。そこで、左前輪2aの路面抵抗係数 μ_L が μ_R に一致するように、そのスリップ率だけを図3(a)のb点に移動すればよい。つまり、左前輪2aのスリップ率を減少するために、そのモータ速度 ω_L を低減していく。 τ_a と τ_b の差をフィードバック制御により、これを行えば、出力トルク τ_a 、 τ_b を一致できる。図3(c)がそのモータ速度 ω_L を低減したことによる減少トルク τ_{D*} のベクトルを表しており、この原理により出力トルク τ_a 、 τ_b を一致させることができる。

【0019】左右減速指令部24の処理内容を図4のフローチャートで示す。ステップ101で速度差指令 ω_{D*} を入力し、ステップ102においてその正負を判断する。 ω_{D*} が正の場合には、タイヤ2aの出力トルク τ_a が τ_b と比較して大きいので、出力トルクを一致するために、誘導モータ3aの出力トルク τ_a を小さくする必要がある。したがって、ステップ103、104において、誘

導モータ3aのモータ速度 ω_L だけを低減するため、左減速指令 ω_{DL} に速度差指令 $\omega_{D\Delta}$ を、右減速指令 ω_{DR} に0を代入している。また、 ω_D が負のときは、同様に、ステップ105, 106において、右減速指令 ω_{DR} に速度差指令 $\omega_{D\Delta}$ の絶対値を、左減速指令 ω_{DL} に0を代入している。制御した結果、出力トルク τ_L , τ_R が一致すれば、 ω_D が0となる。そのときは、減速する必要がないので、ステップ107, 108では、左減速指令 ω_{DL} 、右減速指令 ω_{DR} ともに0としている。ステップ109において、それらを出力している。以上の処理により、出力トルクを一致させることができるので、機械式の差動装置と同様の動作を2つのモータの速度制御で実現できる特徴がある。したがって、モータの速度制御を行なながら、運転者の意図した方向に安定して走行することができる。また、左右減速指令部24の処理方法を用いれば、常にモータ速度を減速する方向で、出力トルクを一致されるので、ぬかるみや雪道における片側だけのタイヤの空転を防止できる。したがって、本実施例は差動装置の欠点を解消することもできる。なお、左右減速指令部24の処理は当然のことながら、ソフトウェアでなく、ハードウェアでも実現できる。

【0020】本実施例は二輪駆動車、全輪駆動あるいはそれらの組合せのものでも有効であることは言うまでもない。

【0021】図5は図2における出力トルク τ_L , τ_R の代わりに、速度制御部19で得られたトルク指令 τ_{L*} , τ_{R*} を用いた他の実施例である。速度制御演算部14a, 14bでは、演算されたトルク指令 τ_{L*} , τ_{R*} に対して、ベクトル演算部20、電流制御部21、PWM制御部22において、それぞれ誘導モータのベクトル制御演算、モータ電流をフィードバックして制御する演算、PWMパルスを発生するための演算を行う。これにより、誘導モータ3a, 3bからの出力トルク τ_L , τ_R は制御応答の遅れ、ベクトル演算におけるモータ定数の誤差などを除いて、トルク指令 τ_{L*} , τ_{R*} とほぼ一致した値となる。一般に、速度制御の応答はトルク制御の応答の遅れよりも遅いので、この実施例のように、トルクの差から速度指令 ω_{L*} , ω_{R*} を補正する場合には、トルク制御応答の遅れは問題にならない。また、モータ定数の誤差はベクトル制御のパラメータを学習することにより、補正できる。そのため、速度制御部19で算出されたトルク指令 τ_{L*} , τ_{R*} を用いても、誘導モータ3a, 3bの出力トルク τ_L , τ_R をほぼ一致させることができる。また、左右減速指令部24には、モータ速度 ω_L , ω_R と手動スイッチ S_1 を入力している。この処理内容を図6のフローチャートに示す。図4に比べて、ステップ110, ステップ111を追加した点が異なる。ステップ110では、モータ速度 ω_L , ω_R がいずれも0であるかを判断し、0である場合には、ステップ111にジャンプする。ステップ111では、手動スイッチ S_1 が

1か0かを判断している。手動スイッチ S_1 が1のときには、ステップ107以降の処理を行う。つまり、左減速指令 ω_{DL} , 右減速指令 ω_{DR} を0としている。このことは運転者が手動スイッチを1とした場合には、トルク差制御を行わないことを意味する。そのため、運転者が手動スイッチによりトルク差制御を行うか否かを自由に選択でき、路面状態に適したほうの制御を行えるという特徴がある。なお、モータ速度が0でないとき、つまり、自動車が走行しているときには、切り替えられないようなフローチャートになっているので、誤って操作しても無視され、安全性を考慮している。したがって、本実施例を用いれば、トルク検出器13a, 13bを用いることなく、左右のタイヤの出力トルクを一致させることができるとともに、運転者の意志により運転方法を選択できる。

【0022】図7は自動車の運転状態により出力の差を制御するための他の実施例を示す制御装置の構成図である。図2に対して、図7は速度指令演算部16内のトルク差指令部25を追加した点、モータ速度 ω_L , ω_R による速度差指令 $\omega_{D\Delta}$ の制御をトルク差制御部23において行う点が異なる。トルク差指令演算部25には操舵角 θ_s 、左後輪2c、右後輪2dの回転速度 ω_c , ω_d を入力し、それらに基づき、トルク差指令 $\tau_{D\Delta}$ を演算している。このトルク差指令演算部25は図8のブロック図に示すように、操舵トルク差演算部26、車速演算部27、車速感応制御部28から構成されている。この処理方法について以下述べる。操舵トルク差演算部26は操舵角 θ_s から比例制御、微分制御、あるいは、それらを組み合わせた制御演算を行うことにより、操舵トルク差指令 τ_s を算出する。次に、車速演算部27では、非駆動輪である左後輪2c、右後輪2dの回転速度 ω_c , ω_d の平均を求めて車速Vとしている。車速感応制御部28においては、この車速Vにより操舵トルク差指令 τ_s の大きさを図8に示すように補償し、トルク差指令 $\tau_{D\Delta}$ としている。これは車両の運動制御が必要である高速時にトルク差制御の効果をより高めるためである。ここで、操舵トルク差演算部26における比例制御は旋回中の車両における内側の出力トルクを外側のそれよりも減少させることにより、自動車の旋回性を高めることができる効果がある。例えば、図9に示すように、車速がVのとき、ハンドル11を左に操舵すれば、左の誘導モータ3aの出力トルク τ_L が右の誘導モータ3bの出力トルク τ_R よりも減少し、左方向に旋回しやすくなることがわかる。また、微分制御はハンドルの操作に対する出力トルクの応答性を改善する効果がある。そのため、これらを組み合わせることにより、最適な運転性を得ることができる。

【0023】トルク差制御部23の処理は図10に示す。トルク差制御部23は速度差演算部29、速度差制限部30、外部制限部31、速度差ゲイン演算部32か

らなる。速度差演算部29は図2の実施例で説明した比例・積分制御を行うもので、基準速度差指令 ω_{diff} を出力する。この基準速度差指令 ω_{diff} に対して、速度差制限部30、外部制限部31でそれぞれ速度差ゲイン k_{ω} 、外部ゲイン k_o との積を算出することにより、速度差指令 ω_{d} を得ている。速度差ゲイン k_{ω} は速度差ゲイン演算部32において、モータ速度 ω_L 、 ω_R の差から決定しており、モータ速度差が0付近では1、所定の値以上に増加したときに0となるようにしてある。また、外部ゲイン k_o は運転者が外部からそのゲインを0から1の範囲で設定できるようにしたものである。したがって、速度差ゲイン k_{ω} 、外部ゲイン k_o とともに、その値が1のときは出力トルクの差を所定の値にする制御を行うことになり、また、そのいずれかの値が0のときには、出力トルクの差の制御を行わないことになる。そのため、片側のタイヤがぬかるみなどでスリップしているときには、誘導モータ3a、3bのモータ速度 ω_L 、 ω_R の差が増加するので、出力トルクの差の制御を自動的に停止し、通常の速度制御だけが行われる。これにより、ぬかるみに入っていないほうのタイヤの出力トルクを最大限利用してぬかるみから脱出できる。したがって、従来の機械式の差動制限装置よりも制御性のよいシステムを提供できる。また、ぬかるみや雪道の特性は一定でないので、自動的に行う方法だけでは、ぬかるみなどから脱出できない場合がある。そこで、運転者がそのトルク差制御の影響力を調整することにより、ぬかるみからのより簡単に脱出できる。

【0024】以上のことから、この実施例を用いれば、自動車の旋回性、ハンドルの操舵性を改善できるとともに、ぬかるみや雪道における空転を防止し、簡単にそこから脱出できる。

【0025】図11は図1と異なり、速度制御ではなく、トルク制御により誘導モータを制御した場合の他の実施例である。図11における入力信号としては、図1と比較してトルク検出器13a、13bがない点が異なる。また、制御装置6はトルク型車両制御演算部33、トルク制御演算部34a、34b、トルク差指令演算部35から構成されており、その処理内容を表すブロック図を図12に示す。まず、トルク制御演算部34a、34bは図2の実施例における速度制御演算部14a、14bの速度制御部19を取り除いて、誘導モータ3a、3bのトルク指令 τ_{L*} 、 τ_{R*} を直接入力したものである。したがって、トルク指令 τ_{L*} 、 τ_{R*} に対しては、誘導モータ3a、3bの制御は閉ループとなっている。また、トルク型車両制御演算部33では、基準トルク指令演算部36でアクセル踏み込み量 x_a 、ブレーキ踏み込み量 x_b 、左後輪2c、右後輪2dの回転速度 ω_c 、 ω_d の平均である車速Vから基準トルク指令 τ_{*} を算出した後、左トルク制限指令 τ_{DL*} 、右トルク制限指令 τ_{DR*} を減算することにより、それぞれ、誘導モータ3a、3bの

トルク指令 τ_{L*} 、 τ_{R*} としている。左トルク制限指令 τ_{DL*} 、右トルク制限指令 τ_{DR*} がともに0であれば、誘導モータ3a、3bはいずれもトルク指令 τ_{*} となるように制御されるので、機械式の差動装置と同様の動作が行われる。

【0026】ここで、この実施例の特徴であるトルク差指令演算部35、つまり、左トルク制限指令 τ_{DL*} 、右トルク制限指令 τ_{DR*} の演算方法について説明する。トルク差指令演算部35には、モータ速度の差を得るためにモータ速度 ω_L 、 ω_R と、車速Vを得るために回転速度 ω_c 、 ω_d が入力される。これらから得られたモータ速度の差と車速Vはトルク差演算部37に入力される。図12に示すように、モータ速度の差が所定の値以上になつたとき、トルク差指令 τ_{D*} が発生するようになっている。また、車速Vが高速になるに従って、トルク差指令 τ_{D*} も増加するようにしてある。これは高速のときモータ速度の差が増加し過ぎることなく、安全に、しかも、安定に走行するようにするためのものである。トルク制限指令演算部38では、トルク差指令 τ_{D*} から誘導モータ3a、3bのいずれの出力トルクを低減するかを判断している。図4のフローチャートと同様に、トルク差指令 τ_{D*} が正のときには、左トルク制限指令 τ_{DL*} をトルク差指令 τ_{D*} の値に、右トルク制限指令 τ_{DR*} を0にして出力する。また、それが負であれば、左トルク制限指令 τ_{DL*} を0に、右トルク制限指令 τ_{DR*} をトルク差指令 τ_{D*} の絶対値にして出力するものである。この方法により、常に、出力トルクを制限する方向で、モータ速度の差による制御を行っていることになり、安全性を高められる。

【0027】本実施例によれば、トルク制御を基本とする誘導モータ駆動の電気自動車においても、ぬかるみなどの空転を防止することができる特徴を持つ。

【0028】以上が本発明の一実施例であり、2つのモータで前輪を独立に駆動する場合について述べたが、四輪を独立に駆動する場合に適用してもよい。また、モータの種類についても、誘導モータだけでなく、他のモータでも適用できる。さらに、制御装置の構成方法については、マイクロコンピュータによるソフトウェア処理でも、同様の機能を有するハードウェアでも制御できることは言までもない。

【0029】

【発明の効果】本発明によれば、左右のモータの速度差について速度指令を減少させる方向で制御し、そのトルク差を所定の値にすることにより、駆動輪の路面抵抗係数が左右で異なる場合にも、運転者が意図する方向に走行させることができ、ぬかるみなどの場所でも容易に脱出できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】電気自動車の前輪をそれぞれ独立に誘導モータで速度制御したときの本発明の一実施例を示す構成図。

【図2】図1における制御装置の制御方法を示したブロック図。

【図3】出力トルクを一致させる原理を説明するための路面抵抗係数の特性図と、自動車を駆動する出力トルクのベクトル図。

【図4】左右減速指令部の処理内容を示すフローチャート。

【図5】出力トルクの代わりにトルク指令を用いて制御する図1と異なる他の実施例を示す制御装置の構成図。

【図6】運転者の手動スイッチにより切り替えができるようにした図4と異なる左右減速指令部の処理内容を示すフローチャート。

【図7】自動車の運転状態により出力トルクの差を制御するための他の実施例を示す制御装置の構成図。

【図8】図7のトルク差指令部の演算方法を示したブロック図。

【図9】図7の実施例において、旋回時にトルク差を生じさせたときの出力トルクのベクトル図。

【図10】トルク差制御部の処理内容を示すブロック図。

【図11】電気自動車の前輪をそれぞれ独立に誘導モータでトルク制御したときの他の実施例を示す構成図。

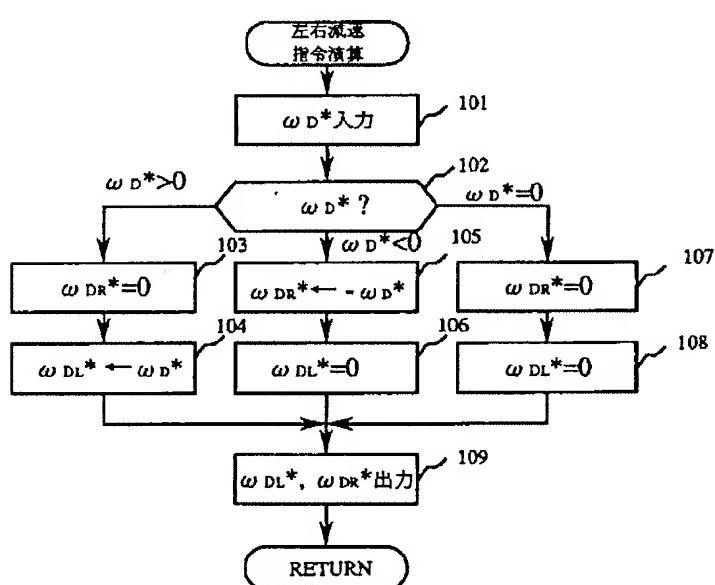
【図12】図11における制御装置の制御方法を示したブロック図。

【符号の説明】

- 1…自動車、2 a…左前輪、2 b…右前輪、2 c…左後輪、2 d…右後輪、3 a, 3 b…誘導モータ、4 a, 4 b…インバータ、5…バッテリー、6…制御装置、7…アクセルペダル、8…ブレーキペダル、9…運転モードレバー、10…舵角センサ、11…ハンドル、12 c, 12 d…エンコーダ、13 a, 13 b…トルク検出器、14 a, 14 b…速度制御演算部、15…車両制御演算部、16…速度差指令演算部、17…車速演算部、18…旋回速度演算部、19…速度制御部、20…ベクトル演算部、21…電流制御部、22…PWM制御部、23…トルク差制御部、24…左右減速指令部、25…トルク差指令部、26…操舵トルク差演算部、27…車速演算部、28…車速感応制御部、29…速度差演算部、30…速度差制限部、31…外部制限部、32…速度差ゲイン演算部、33…トルク型車両制御演算部、34 a, 34 b…トルク制御演算部、35…トルク差指令演算部、36…基準トルク指令演算部、37…トルク差演算部、38…トルク制限指令演算部。

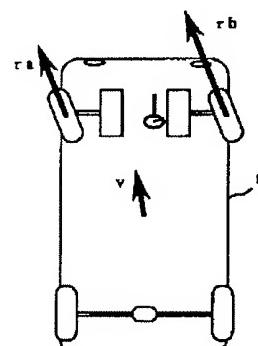
【図4】

図4



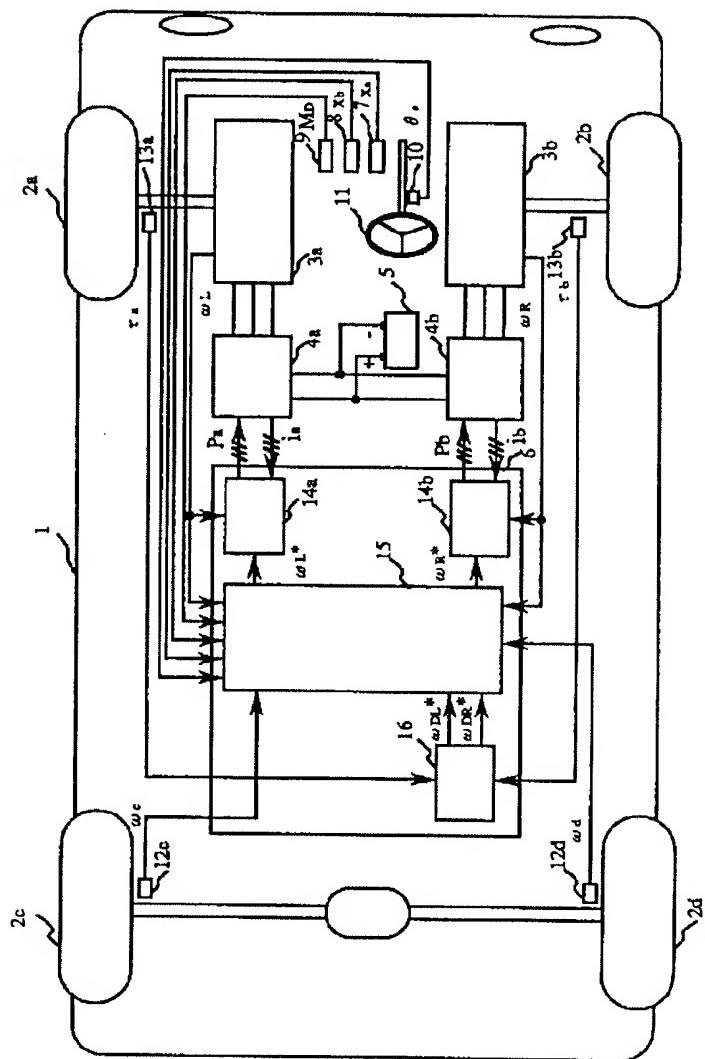
【図9】

図9



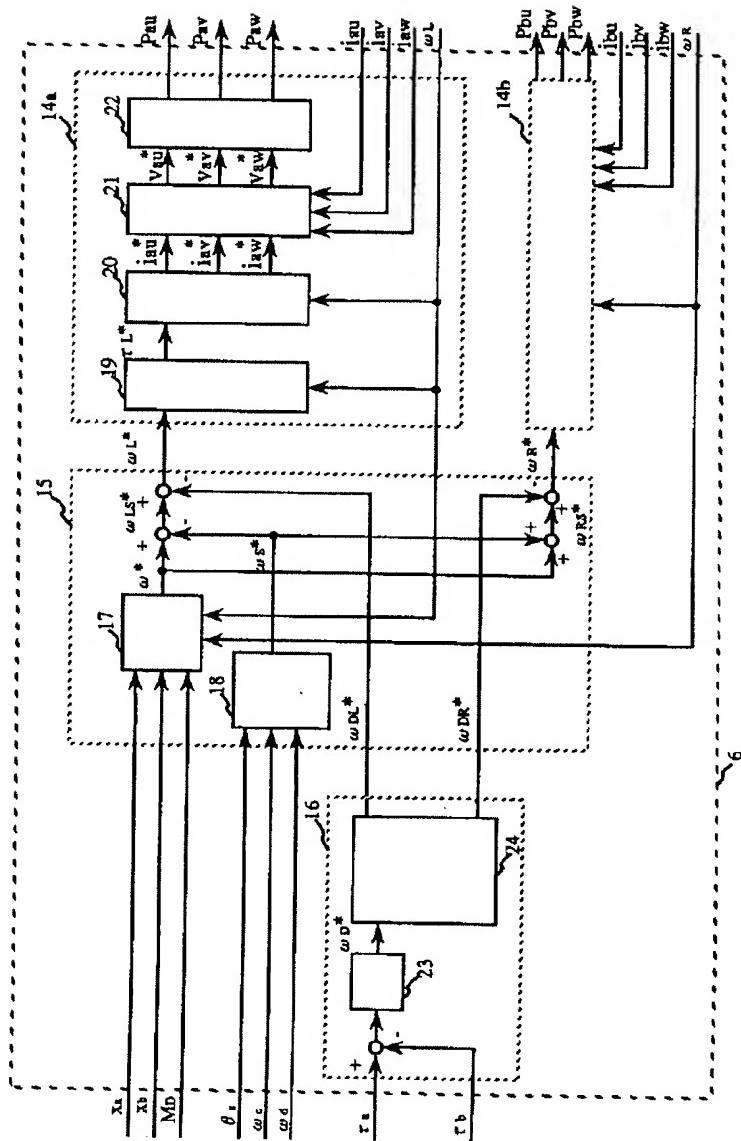
【図1】

図1



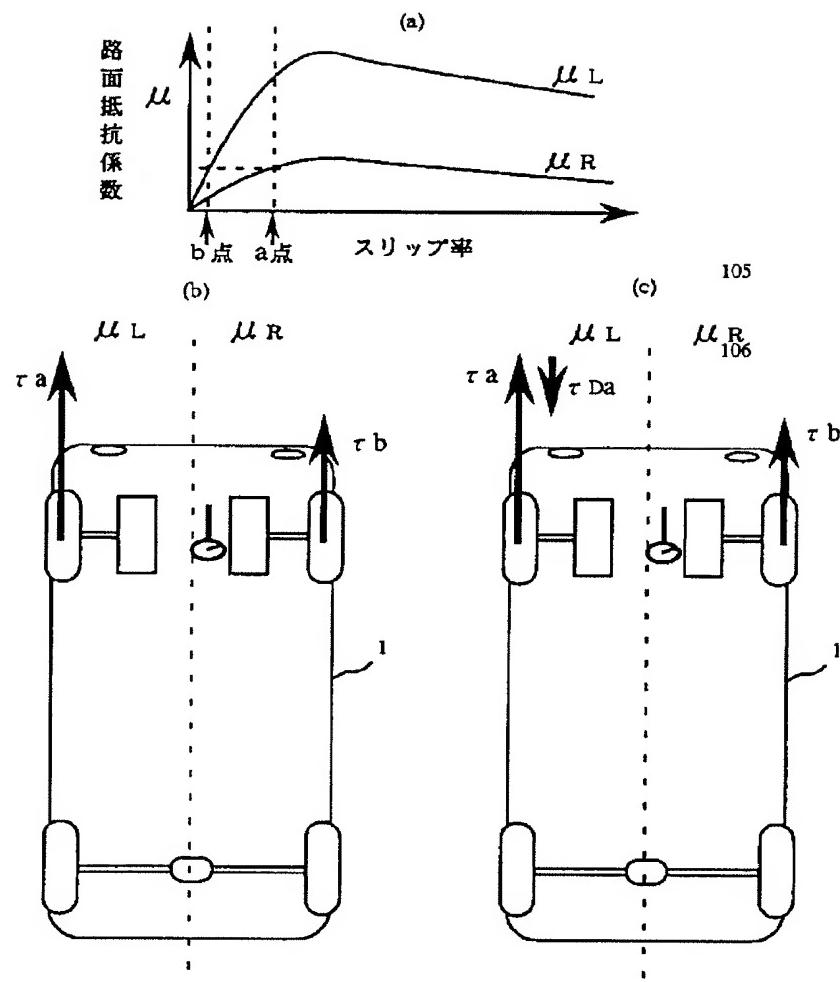
【図2】

図2



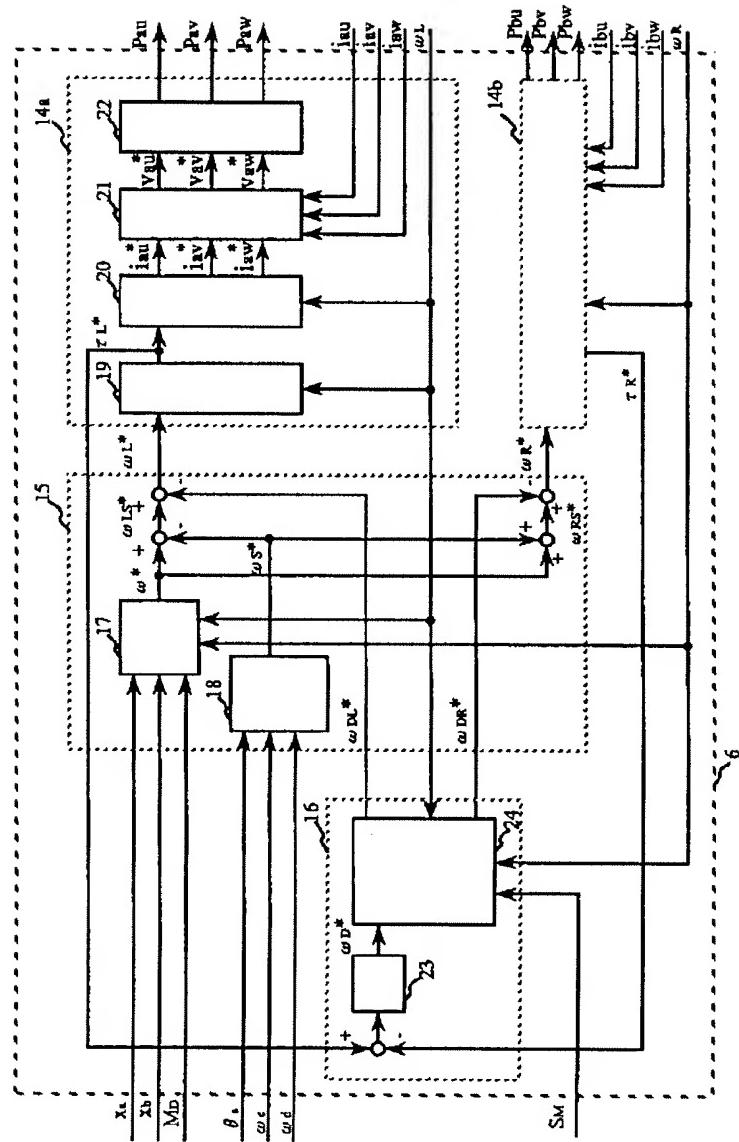
【図3】

図3



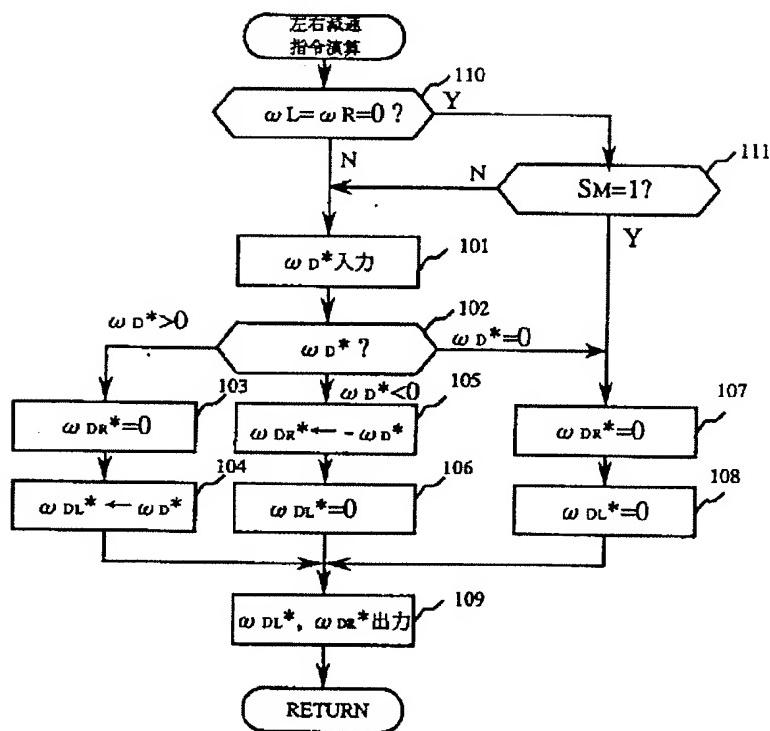
【図5】

図5



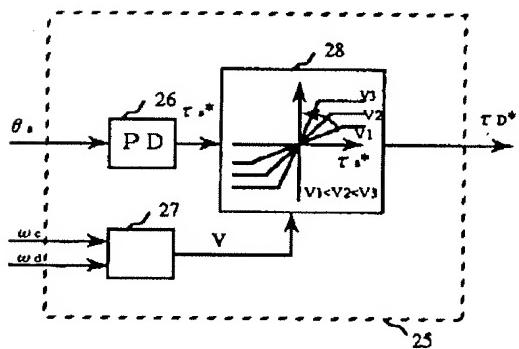
【図6】

図6



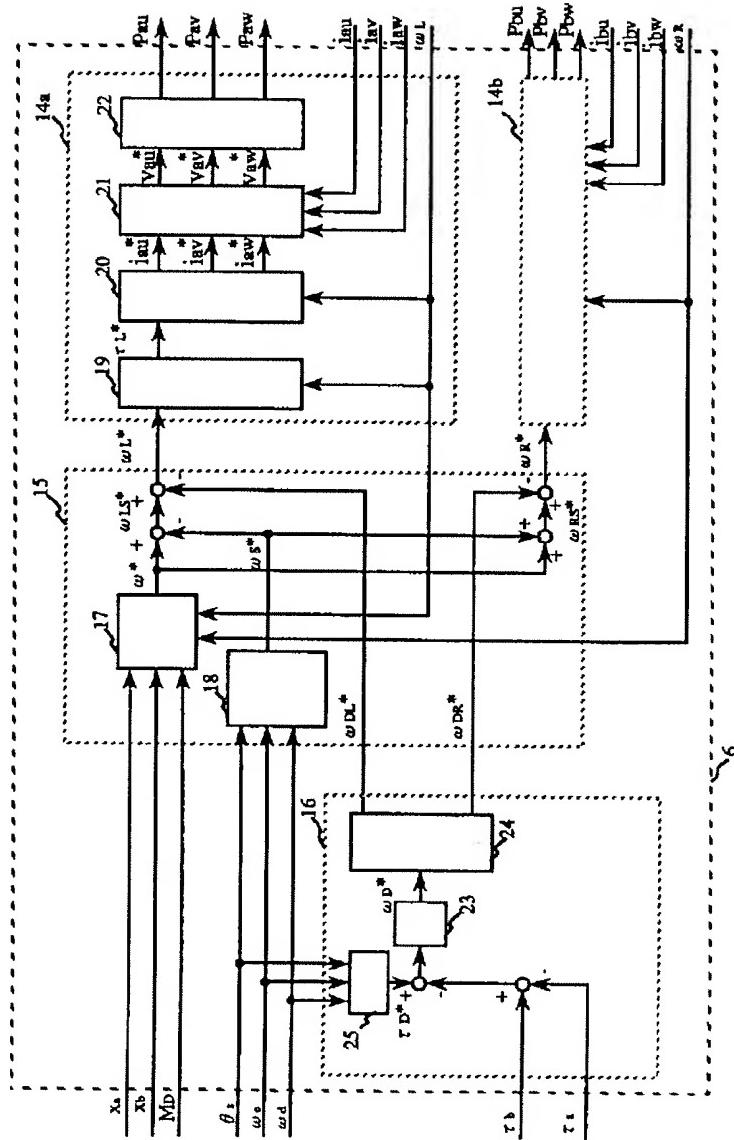
【図8】

図8



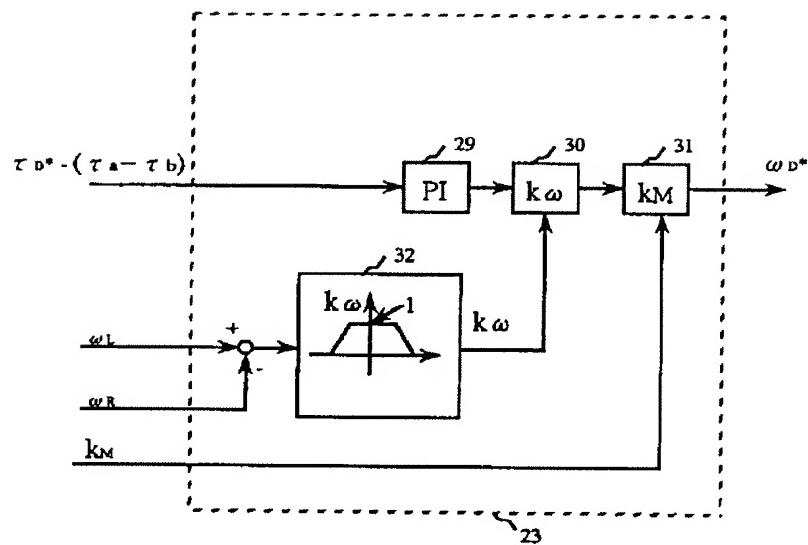
【図7】

図 7



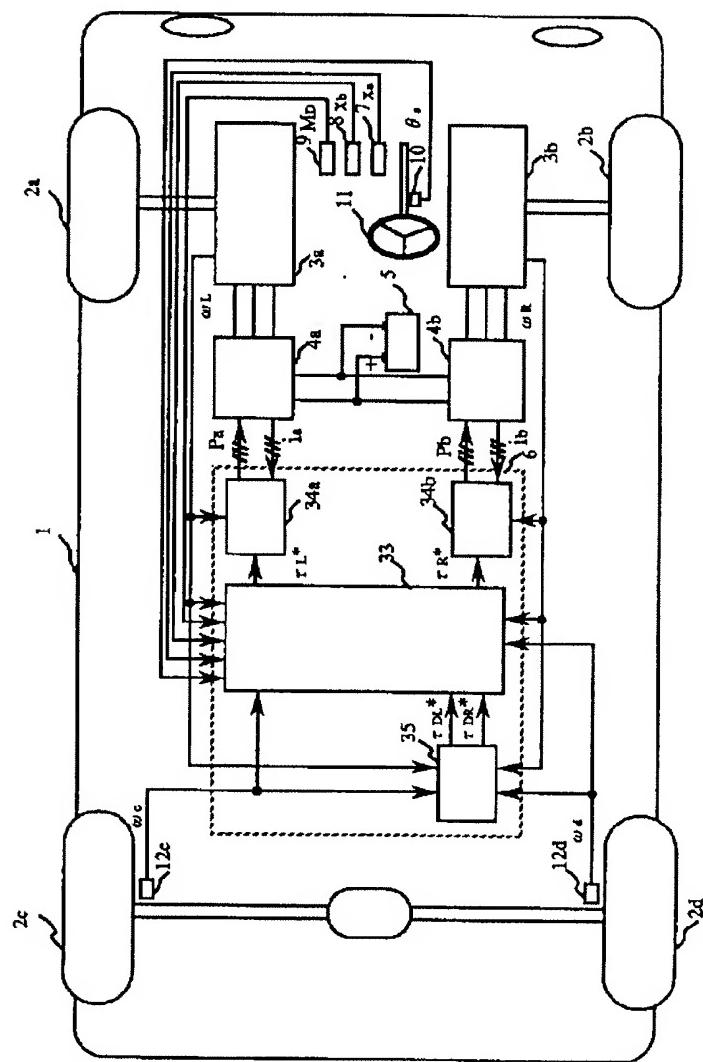
【図10】

図10



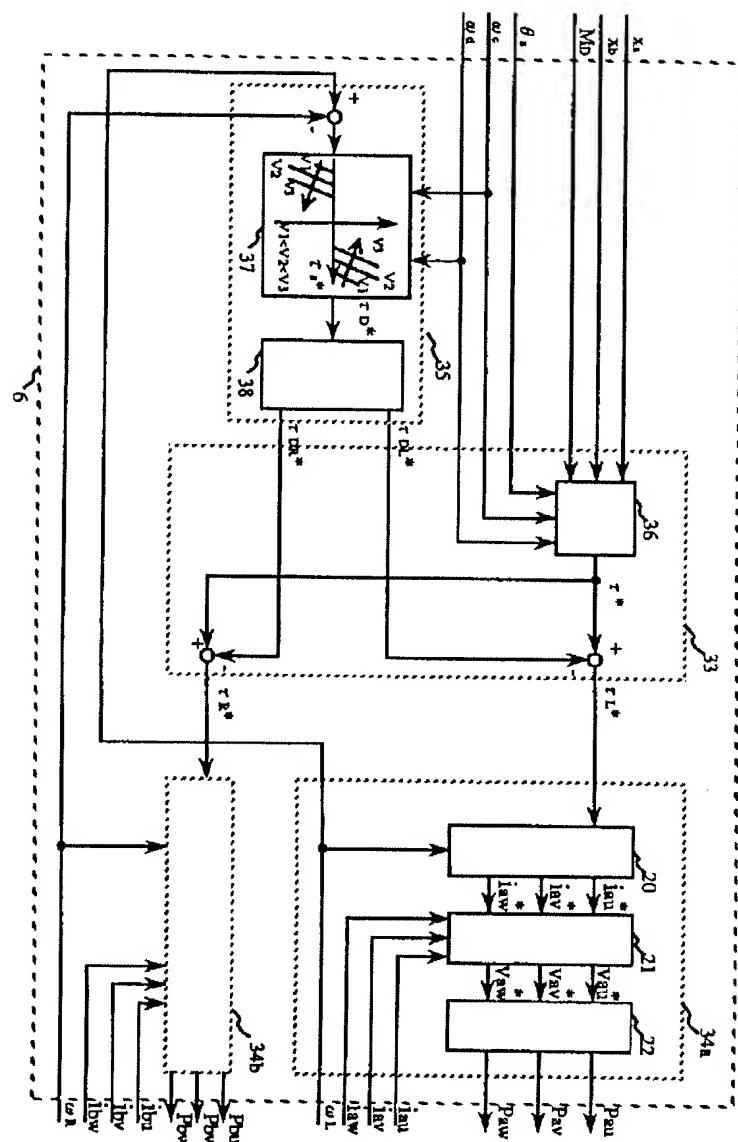
[図 1-1]

11



【図12】

図12



フロントページの続き

(72)発明者 高本 裕介

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日
立製作所日立研究所内

(72)発明者 小原 三四郎

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日
立製作所日立研究所内

(72)発明者 山村 博久

茨城県勝田市大字高塙2520番地 株式会社
日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 山田 博之

茨城県勝田市大字高場字鹿島谷津2477番地
3 日立オートモティブエンジニアリング
株式会社内